

Docket No.: 60188-564

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of

Keizo MIYATA, et al.

Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: June 26, 2003

Examiner:

For: HEAD POSITIONING METHOD, AND DISK APPARATUS USING THE SAME

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2002-185760, filed June 26, 2002**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Michael E. Fogarty  
Registration No. 36,139

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 MEF:mcw  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: June 26, 2003**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

60188-564  
MIYATA et al.  
June 26, 2003.  
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年 6月26日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-185760

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-185760 ]

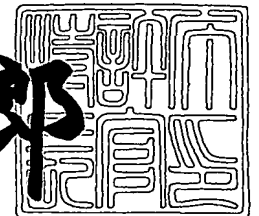
出 願 人  
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 3月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3020306

【書類名】 特許願

【整理番号】 2037240018

【提出日】 平成14年 6月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 21/10

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 宮田 敬三

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 稲治 利夫

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ヘッド位置決め制御方法およびこれを用いたディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータを駆動させるための駆動信号および前記アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号から、前記アクチュエータに加わる外乱の大きさを推定することにより生成した外乱補償信号に、ゲイン調整係数を乗算した制御信号と、

前記ディスクにあらかじめ記録されているサーボ情報を前記ヘッドにより検出して求めたヘッド位置と目標位置とから得たヘッド位置誤差に対応して生成した位置制御信号と、を加算することにより、前記駆動信号を生成し、前記ディスクに対して前記ヘッドの位置決め制御を行うことを特徴とするヘッド位置決め制御方法。

【請求項2】 前記ヘッド位置誤差に対応して、前記ゲイン調整係数を変化させることを特徴とする請求項1に記載のヘッド位置決め制御方法。

【請求項3】 前記ヘッドが前記アクチュエータによって前記目標位置に移動している状態で、前記ヘッド位置誤差があらかじめ設定された規定誤差量を超えているとき、前記ゲイン調整係数を、前記ヘッド位置誤差が前記規定誤差量以下のときよりも小さく設定することを特徴とする請求項2に記載のヘッド位置決め制御方法。

【請求項4】 前記ヘッド位置誤差が、前記規定誤差量を超えている状態から、前記規定誤差量以下に達した時点より、前記ゲイン調整係数を時間とともに大きく設定することを特徴とする請求項2あるいは請求項3に記載のヘッド位置決め制御方法。

【請求項5】 前記規定誤差量が、記録トラックのピッチの2倍よりも小さいことを特徴とする請求項3あるいは請求項4に記載のヘッド位置決め制御方法。

【請求項6】 ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータと、前記アクチュエータを駆動するための駆動手段と、前記アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号を出力する電圧検出手段と、

前記駆動手段に入力される駆動信号と前記電圧信号とから前記アクチュエータに加わる外乱の大きさを推定して外乱補償信号を生成する外乱推定手段と、

前記ディスクにあらかじめ記録されているサーボ情報を前記ヘッドにより検出して求めたヘッド位置と目標位置とから得たヘッド位置誤差を生成し出力する位置誤差検出手段と、

前記ヘッド位置誤差に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と

前記外乱補償信号と前記位置制御信号とを合成して前記駆動信号を生成するゲイン調整手段と、

を具備し、

前記ゲイン調整手段は、前記外乱補償信号にゲイン調整係数を乗算した制御信号と、前記位置制御信号とを加算するように構成されていることを特徴とするディスク装置。

【請求項 7】 前記ヘッド位置誤差に対応して、前記ゲイン調整係数を変化させることを特徴とする請求項 6 に記載のディスク装置。

【請求項 8】 前記ヘッドが前記アクチュエータによって前記目標位置に移動している状態で、前記ヘッド位置誤差があらかじめ設定された規定誤差量を超えているとき、前記ゲイン調整係数を、前記ヘッド位置誤差が前記規定誤差量以下のときよりも小さく設定することを特徴とする請求項 7 に記載のディスク装置。

【請求項 9】 前記ヘッド位置誤差が、前記規定誤差量を超えている状態から、前記規定誤差量以下に達した時点より、前記ゲイン調整係数を時間とともに大きくするように設定することを特徴とする請求項 7 あるいは請求項 8 に記載のディスク装置。

【請求項 10】 前記規定誤差量が、記録トラックのピッチの 2 倍よりも小さいことを特徴とする請求項 8 あるいは請求項 9 に記載のディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ヘッドや光ピックアップ等の記録／再生ヘッドをアクチュエー

タにより記録媒体であるディスクの目標トラックへ高速・高精度に位置決めを行うための制御方法およびこれを用いたディスク装置に関する。

#### 【 0 0 0 2 】

##### 【従来の技術】

近年、磁気ディスク装置は、小型化、大容量化が急速に進んでいる。磁気ディスク装置の大容量化については、磁気ディスクの高トラック密度化が進み、トラックピッチはさらに狭くなる傾向にある。そのため、磁気ディスクにデータを記録再生するため、狭いトラックピッチで形成された目標トラックに磁気ヘッドを高速・高精度で位置決めすることが必要になってきている。

#### 【 0 0 0 3 】

一般に磁気ディスク装置においては、磁気ヘッドを位置決めするためのサーボ情報が、磁気ディスクに一定の角度間隔であらかじめ記録されており、このサーボ情報に基づいて磁気ヘッドの位置決め制御が行われている。すなわち、磁気ディスクの回転速度と、トラック1周あたりに記録されているサーボ情報の数（サーボセクタ数）により決まるサンプリング周期で、磁気ヘッドがサーボ情報を読み取ることにより、目標トラックに対する磁気ヘッドの位置誤差を示す誤差信号を生成し、この誤差信号の大きさが最小となるように磁気ヘッドは位置決め制御されている。

#### 【 0 0 0 4 】

磁気ヘッドを高精度に位置決めするには、サンプリング周期を短くして磁気ヘッドの位置決め制御系の制御周波数を高くする必要がある。しかし、サンプリング周期を短くするためには、サーボ情報を磁気ディスクにより多く記録しておく必要があり、データフォーマット効率が低下してしまうという問題がある。また、ヘッドを位置決めするためのアクチュエータ自体には高次の固有機械共振が存在する場合があります。位置決め精度を高めるため制御周波数を高くすると、その固有機械共振により位置決め制御系が不安定になってしまうという問題がある。実際にはアクチュエータ自体の固有機械共振により、制御周波数の帯域は制限されるため、位置決め制御系の制御周波数を高めることには限界があった。

#### 【 0 0 0 5 】

また、近年の磁気ディスク装置の小型化に伴い、磁気ヘッドを位置決めするためのアクチュエータに作用する軸受摩擦力や、アクチュエータと回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力といった外乱が、位置決め精度をさらに悪化させる要因となっている。このため、外乱を補償して位置決め精度を向上させる技術が提案されている。例えば、特開平9-231701号公報に開示されている技術によれば、磁気ディスクに記録されたサーボ情報からヘッド位置信号を得て、このヘッド位置信号とアクチュエータの駆動信号とを入力とする外乱推定手段により、外力を補償するヘッド位置決め制御方法が提案されている。この技術においては、アクチュエータの駆動信号は、外乱推定手段において生成した外乱補償信号と、磁気ヘッドの位置誤差を示す誤差信号により生成した位置制御信号とを加算して得る構成となっている。

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上記のヘッド位置決め制御方法においては、磁気ヘッドをあるトラックから目標トラックに高速に移動（シーク動作）させて、目標トラックに対して位置決め制御する場合、位置制御信号がオーバーシュートの信号となり、駆動信号自身が不安定な状態になっている場合がある。このような場合、駆動信号を入力とする外乱推定手段は、アクチュエータに作用する外乱を正確に推定して外乱補償信号を生成することができなくなり、磁気ヘッドを目標トラックに対して正確に位置決め制御が行えなくなったり、あるいは、目標トラックに対する追従に長い時間を要して、磁気ディスク装置のパフォーマンスを低下させるという課題があった。

## 【0007】

本発明は、上記課題を解決し、ヘッドが目標位置に移動を開始した後、短時間で目標トラックに対して高精度に追従することのできるヘッド位置決め制御方法および信頼性の高いディスク装置を提供することを目的とする。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明のヘッド位置決め制御方法は、ディスクに



対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータを駆動させるための駆動信号と、アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号とから、アクチュエータに加わる外乱の大きさを推定することにより生成した外乱補償信号に、ゲイン調整係数を乗算した制御信号と、ディスクにあらかじめ記録されているサーボ情報をヘッドにより検出して求めたヘッド位置と目標位置とから得たヘッド位置誤差に対応して生成した位置制御信号とを加算することにより、駆動信号を生成して、ディスクに対してヘッドの位置決め制御を行うことを特徴とする。

## 【0009】

上記のヘッド位置決め制御方法では、ヘッドの位置決めを行うアクチュエータを駆動させるための駆動信号は、アクチュエータに加わる外乱の大きさを推定した外乱補償信号にゲイン調整係数を乗じた制御信号と、ヘッド位置と目標位置とのヘッド位置誤差に対応した誤差信号から生成した位置制御信号とを加算することにより生成される。シーク動作時等において駆動信号が不安定な状態になり、外乱補償信号を正確に生成できなくなっている場合においても、ゲイン調整係数によって外乱補償信号のゲインを調整することにより、シーク動作時の、例えばオーバーシュート等による不安定な外乱補償信号の位置決め制御系への寄与を小さくして、高速・高精度に目標トラックに追従させることができる。

## 【0010】

上記のヘッド位置決め制御方法においては、ヘッド位置誤差に対応してゲイン調整係数を変化させることが好ましい。さらに、ヘッドがアクチュエータによって目標位置に移動している状態で、ヘッド位置誤差が規定誤差量を超えているとき、ゲイン調整係数を、ヘッド位置誤差が規定誤差量以下のときよりも小さく設定するように構成されていることが好ましい。すなわち、シーク動作開始時点からフォローイング動作への過渡時におけるゲイン調整係数を、フォローイング動作時のゲイン調整係数よりも小さく設定するように構成する。これにより、シーク動作からフォローイング動作への過渡時において、外乱補償信号が不安定になっている場合に、外乱補償信号の位置決め制御系の寄与を小さくすることができ、短時間でフォローイング動作に移行することが可能になる。

## 【0011】

また、上記のヘッド位置決め制御方法においては、ヘッド位置誤差が、規定誤差量を超えている状態から規定誤差量以下に達した時点より、ゲイン調整係数を時間とともに大きく設定するように構成されていることが好ましい。さらに、その規定誤差量が、記録トラックピッチの2倍よりも小さくするように構成されていることが好ましい。

## 【 0 0 1 2 】

すなわち、ヘッド位置誤差が記録トラックピッチの2倍程度に小さくなって、フォロ잉動作に移行した時点においては、駆動信号が安定になっているため、アクチュエータに加わる外乱の大きさを正確に推定することができるようになっていく。従って、外乱補償信号に乗ずるゲイン調整係数を徐々に大きくして、外乱に対する補償の効果を最大限に発揮させるように構成することができる。その結果として、目標トラックに対して短時間で追従させ、磁気ディスク装置のパフォーマンスを向上させることが可能となる。

## 【 0 0 1 3 】

また、上記目的を達成するために、本発明のディスク装置は、ディスクに対してヘッドの位置決めを行うアクチュエータと、アクチュエータを駆動するための駆動手段と、アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号を出力する電圧検出手段と、駆動手段に入力される駆動信号と電圧信号とからアクチュエータに加わる外乱の大きさを推定して外乱補償信号を生成する外乱推定手段と、ディスクにあらかじめ記録されているサーボ情報をヘッドにより検出して求めたヘッド位置と目標位置とから得たヘッド位置誤差を生成し出力する位置誤差検出手段と、ヘッド位置誤差に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、外乱補償信号と位置制御信号とを合成して駆動信号を生成するゲイン調整手段とを具備し、ゲイン調整手段は、外乱補償信号にゲイン調整係数を乗算した制御信号と、位置制御信号とを加算するように構成されている。

## 【 0 0 1 4 】

上記のように構成されたディスク装置では、ヘッドの位置決めを行うアクチュエータを駆動させるための駆動信号は、アクチュエータに加わる外乱の大きさを推定した外乱補償信号にゲイン調整係数を乗じた制御信号と、ヘッド位置と目標

位置とのヘッド位置誤差に対応した誤差信号から生成した位置制御信号とを加算することにより生成される。シーク動作時等において駆動信号が不安定な状態になり、外乱補償信号を正確に生成できなくなっている場合においても、ゲイン調整係数によって外乱補償信号のゲインを調整することにより、シーク動作時の、例えばオーバーシュート等による不安定な外乱補償信号の位置決め制御系への寄与を小さくして、高速・高精度に目標トラックに追従させることができる。上記のディスク装置においては、ヘッド位置誤差に対応してゲイン調整係数を変化させることが好ましく、さらには、ヘッドがアクチュエータによって目標位置に移動している状態で、ヘッド位置誤差が規定誤差量を超えているとき、ゲイン調整係数を、ヘッド位置誤差が規定誤差量以下のときよりも小さく設定する構成されていることが好ましい。すなわち、シーク動作開始時点からフォローイング動作への過渡時におけるゲイン調整係数を、フォローイング動作時のゲイン調整係数よりも小さく設定するように構成する。これにより、シーク動作からフォローイング動作への過渡時において、外乱補償信号が不安定になっている場合に、外乱補償信号の位置決め制御系の寄与を小さくすることができ、短時間でフォローイング動作に移行することが可能になる。

## 【 0 0 1 5 】

また、上記のディスク装置は、ヘッド位置誤差が規定誤差量を超えている状態から規定誤差量以下に達した時点より、ゲイン調整係数を時間とともに大きく設定するように構成されていることが好ましい。さらに、その規定誤差量が、記録トラックのピッチの2倍よりも小さくなるように構成されていることが好ましい。

## 【 0 0 1 6 】

すなわち、ヘッド位置誤差が記録トラックピッチの2倍程度に小さくなって、フォローイング動作に移行した時点においては、駆動信号が安定になっているため、アクチュエータに加わる外乱の大きさを正確に推定することができるようになっている。従って、外乱補償信号に乗ずるゲイン調整係数を徐々に大きくして、外乱に対する補償の効果を最大限に発揮させるように構成することができる。その結果として、目標トラックに対して短時間で追従させ、ディスク装置のパフ

パフォーマンスを向上させることが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。本実施の形態では、磁気ディスク装置を例として説明する。

【0018】

図1、図2および図3は、本発明の実施の形態におけるディスク装置および位置決め制御方法を説明するための図であり、図1はディスク装置の主要部の構成を示すブロック図、図2はディスク装置における位置制御系の全体構成を示すブロック線図、図3はゲイン調整器の動作を説明するための説明図である。

【0019】

図1において、磁気ディスク1はスピンドルモータ（図示せず）により回転される。磁気ヘッド2は磁気ディスク1に対してデータを記録／再生するためのものであり、アーム3の一端に搭載された磁気ヘッド2を軸受4の周りに回転させることにより、磁気ヘッド2を磁気ディスク1における目標トラックへ移動させる。駆動コイル5がアーム3の他の一端に設けられ、固定子6の駆動コイル5に対向する面にはマグネット（図示せず）が配置されている。固定子6に配置されたマグネットが発生する磁束と駆動コイル5に通電される電流が作る磁界との相互作用により、アーム3は回転力を受ける。磁気ヘッド2、アーム3、軸受4、駆動コイル5、固定子6によりアクチュエータ7を構成している。

【0020】

駆動手段である駆動器12は駆動信号 $u$ に対応した駆動電流 $I_a$ を駆動コイル5に通電し、アクチュエータ7を駆動する。駆動器12に含まれる電圧検出手段としての電圧検出器13はアクチュエータ7の駆動に伴い駆動コイル5の両端に発生する電圧を検出し、電圧信号 $V_a$ を出力する。外乱推定手段である外乱推定器10は、電圧検出器13の出力する電圧信号 $V_a$ と、駆動器12の入力である駆動信号 $u$ とから、アクチュエータ7に作用する外乱トルクを推定し、外乱推定信号 $\tau_{dest}$ を出力する。外乱補償器11は、外乱推定器10より出力された外乱推定信号 $\tau_{dest}$ を補正演算して外乱補償信号 $\beta$ を出力する。

## 【 0 0 2 1 】

磁気ディスク 1 にはあらかじめサーボ情報としてトラックの位置信号が一定角度間隔で記録されており、この位置信号は磁気ヘッド 2 により一定のサンプリング周期で読み込まれる。位置誤差検出手段である位置検出器 1 5 は、磁気ヘッド 2 により読み込まれた位置信号により磁気ヘッド 2 の現在位置  $x$  を検出し、目標トラックの目標位置  $r$  との差を示す位置誤差信号  $e$  を生成する。位置制御手段である位置制御器 1 6 は、位置検出器 1 5 で生成された位置誤差信号  $e$  が入力されて、増幅および位相補償が行われ、位置制御信号  $c$  を生成する。

## 【 0 0 2 2 】

次に、本実施の形態のディスク装置の位置決め制御系の動作について図 2 を用いて説明する。なお、図 2 において、 $s$  はラプラス演算子を表すものである。また、図 2 において、サーボ情報のサンプリングによるホールド要素については、説明を簡単にするため、これを省略してある。

## 【 0 0 2 3 】

図 2 において、磁気ヘッド 2 の検出した現在トラック位置を  $x$  とすれば、目標トラック位置  $r$  に対するヘッド位置誤差  $e$  は、(数 1) で表され、この位置誤差信号  $e$  は比較器 2 0 で得られる。

## 【 0 0 2 4 】

## 【数 1】

$$e = r - x$$

## 【 0 0 2 5 】

ブロック 2 1 で表される位置制御器 1 6 は、比較器 2 0 から出力される位置誤差信号  $e$  に伝達関数  $G(z)$  のデジタルフィルタ処理を施し、位置制御信号  $c$  を生成して、一点鎖線で囲んだブロック 5 0 で表されるゲイン調整器 1 4 へ出力される。位置決め制御系は、通常の P I D 制御が施され、位置制御器 1 6 の伝達関数は、(数 2) で表現できる。

## 【 0 0 2 6 】

【数 2】

$$G(z) = K_d \left[ 1 + h(1 - z^{-1}) + L \frac{z^{-1}}{1 - z^{-1}} \right]$$

【0 0 2 7】

ここで、 $z^{-1}$ は1サンプル遅延を示し、 $K_d$ は位置決め制御系の比例ゲインを示す。係数 $h$ 、 $L$ は周波数特性を表す定数を示し、係数 $h$ は微分係数、係数 $L$ は積分係数である。位置制御信号 $c$ はゲイン調整器14を経由して駆動信号 $u$ となる。駆動信号 $u$ は、ブロック22（伝達関数 $g_m$ ）の駆動器12において、電圧信号 $V_a$ から $g_m$ 倍の電流信号に変換され、駆動電流 $I_a$ を出力する。アクチュエータ7において、駆動コイル5に通電される駆動電流 $I_a$ は、それが作る磁界と、前述した固定子6のマグネット（図示せず）が発生する磁束との相互作用によりブロック23の伝達関数 $K_t$ で駆動トルク $\tau$ に変換される。ここで、伝達関数 $K_t$ はアクチュエータ7のトルク定数である。ブロック24の伝達関数（ $L_b / J \cdot s$ ）は、アーム3に作用する駆動トルク $\tau$ から磁気ヘッド2の移動速度 $v$ への伝達特性を表す。ここで、 $J$ はアーム3の慣性モーメントを示し、 $L_b$ はアーム3の軸受4から磁気ヘッド2までの距離を示している。ブロック25は積分器で、伝達関数は $1/s$ で表され、磁気ヘッド2の移動速度 $v$ が現在トラック位置 $x$ に変換される。

【0 0 2 8】

アクチュエータ7の軸受摩擦やアクチュエータ7と電子回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力、あるいは、磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ7の受ける慣性力等、アクチュエータ7のアーム3に作用する外乱 $\tau_d$ は、比較器29でブロック24の前段に入力される形に表現できる。

【0 0 2 9】

アクチュエータ7が回転することにより駆動コイル5の両端には、アクチュエータ7の回転速度に比例した誘起電圧 $E_a$ が発生する。 $E_a$ は（数3）で表現できる。

【0 0 3 0】

【数 3】

$$Ea = \frac{Lb \cdot Kv}{J \cdot s} (\tau - \tau_d)$$

【0031】

ブロック 27 および加算器 28 で構成される一点鎖線で囲んだ部分のブロック 44 は、図 1 における電圧検出器 13 である。ブロック 26 から出力される誘起電圧  $Ea$  と、駆動コイル 5 に駆動電流  $Ia$  が通電されることにより発生する電圧降下分  $(Ra + La \cdot s) \cdot Ia$  とを、加算器 28 でそれぞれを加算することにより、電圧検出器 13 は電圧信号  $Va$  を出力する。すなわち、電圧信号  $Va$  は（数 4）で表される。

【0032】

【数 4】

$$Va = Ea + (Ra + La \cdot s)Ia$$

【0033】

ここで、 $Ra$  は、駆動コイル 5 のコイル抵抗、 $La$  は駆動コイル 5 のインダクタンスを示す。

【0034】

従って、（数 3）および（数 4）より、電圧信号  $Va$  は（数 5）のように表現できる。

【0035】

【数 5】

$$Va = \frac{Lb \cdot Kv}{J \cdot s} (\tau - \tau_d) + (Ra + La \cdot s)Ia$$

【0036】

一点鎖線で囲んだ部分のブロック 30 は、図 1 における外乱推定器 10 のブロック線図を示すものである。このブロック 30 は、ブロック 22、23、24、26、27 の伝達関数とそれぞれ略一致した伝達関数をもつブロック 32、33、34、36、37 を含んでいる。ここで、ブロック 30 における各定数のサフ

ックス「n」は公称値を示し、「est」を付した変数は推定値を示す。

【 0 0 3 7 】

ブロック 2 2 に入力される駆動信号  $u$  は、外乱推定器 1 0 であるブロック 3 0 にも入力され、ブロック 3 2 とブロック 3 3 とで  $(g m_n \cdot K t_n)$  倍することにより、アクチュエータ 7 のアーム 3 に作用する駆動トルク  $\tau$  を推定した駆動トルク推定信号  $\tau_{est}$  が得られる。

【 0 0 3 8 】

ブロック 3 4 からは速度推定信号  $v_{est}$  が出力される。ブロック 3 6 で、速度推定信号  $v_{est}$  を  $K v_n$  倍することにより得られた誘起電圧推定信号  $E a_{est}$  と、駆動コイル 5 に駆動電流推定信号  $I a_{est}$  が通電されることにより発生する電圧降下分  $(R a_n + L a_n \cdot s) \cdot I a_{est}$  とが加算器 3 8 で加算され、加算器 3 8 からは、電圧推定信号  $V a_{est}$  が出力される。電圧推定信号  $V a_{est}$  は、比較器 3 1 に入力され、実際に検出された電圧信号  $V a$  と比較され、その結果の誤差信号  $\alpha (= V a_{est} - V a)$  がブロック 4 1 で表される積分器とブロック 4 0 で表される乗算器とに入力される。積分器 4 1 は、誤差信号  $\alpha$  を積分し、外乱についての外乱推定信号  $\tau_{dest}$  を出力する。ブロック 4 0 で表される乗算器には誤差信号  $\alpha$  が入力され、 $G_1$  倍されて加算器 3 5 に加えられる。加算器 3 5 の出力は減算器 3 9 に入力され、ブロック 3 3 の出力する駆動トルク推定信号  $\tau_{est}$  から、加算器 3 5 の出力を減算した結果、 $\gamma$  をブロック 3 4 に出力する。

【 0 0 3 9 】

なお、ブロック 4 0 の係数  $G_1$  とブロック 4 1 の係数  $G_2$  は、外乱推定器 1 0 の動作を安定化するための定数であり、その詳細については後述する。

【 0 0 4 0 】

一点鎖線で囲んで示したブロック 4 3 は、外乱補償器 1 1 である。この外乱補償器 1 1 に含まれるブロック 4 2 は、外乱推定信号  $\tau_{dest}$  を  $1 / (g m_n \cdot K t_n)$  倍することにより、アーム 3 に外乱推定信号  $\tau_{dest}$  に相当する大きさの駆動力を発生させるのに必要な外乱補償信号  $\beta$  を生成する。外乱補償信号  $\beta$  はゲイン調整手段であるブロック 5 0 のゲイン調整器 1 4 において位置制御信号  $c$  と合成され、駆動信号  $u$  が生成される。



【0041】

次に、ブロック30の外乱推定器10の動作について説明する。ブロック41の出力である外乱推定信号 $\tau_{dest}$ は(数6)で表される。

【0042】

【数6】

$$\tau_{dest} = \frac{G_2}{s}(Va_{est} - Va)$$

【0043】

さらに、減算器39の出力 $\gamma$ は(数7)で表される。

【0044】

【数7】

$$\gamma = \tau_{est} - \left( G_1 + \frac{G_2}{s} \right) \cdot (Va_{est} - Va)$$

【0045】

また、電圧推定信号 $Va_{est}$ は(数8)で表される。

【0046】

【数8】

$$Va_{est} = Ea_{est} + (Ra_n + La_n \cdot s)Ia_n$$

【0047】

誘起電圧推定信号 $Ea_{est}$ は(数9)で表され、

【0048】

【数9】

$$Ea_{est} = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n \cdot s} \cdot \gamma$$

【0049】

(数7)および(数9)より(数8)は(数10)に変形できる。

【0050】

【数 10】

$$Va_{est} = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n \cdot s} \left[ \tau_{est} - \left( G_1 + \frac{G_2}{s} \right) \cdot (Va_{est} - Va) \right] + (Ra_n + La_n \cdot s) Ia_{est}$$

【0051】

説明を簡単にするために、駆動器 12 であるブロック 22 の伝達関数  $g_m$  とブロック 32 の伝達関数  $g_{m_n}$  の値が等しいものとする。これにより、駆動電流  $I_a$  と駆動電流推定信号  $I_{a_{est}}$  が等しくなる。さらに、ブロック 27 の  $R_a$  と  $L_a$  およびブロック 37 の  $R_{a_n}$  と  $L_{a_n}$  がそれぞれ等しいものとする、駆動コイル 5 に駆動電流  $I_a$  が通電されたときの電圧降下分  $(R_a + L_a \cdot s) I_a$  と、駆動電流推定信号  $I_{a_{est}}$  が通電されたときの電圧降下分  $(R_{a_n} + L_{a_n} \cdot s) I_{a_{est}}$  が等しくなる。すなわち、

【0052】

【数 11】

$$(Ra + La \cdot s) Ia = (Ra_n + La_n \cdot s) Ia_{est}$$

【0053】

さらに、

【0054】

【数 12】

$$\frac{Lb \cdot Kv}{J} = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n}$$

【0055】

として、(数 10) の左辺および右辺のそれぞれから (数 5) の左辺および右辺をそれぞれ減算し、(数 11) を用いると (数 13) が得られる。

【0056】

【数 13】

$$Va_{est} - Va = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n \cdot s} \left[ \tau_{est} - \tau - \left( G_1 + \frac{G_2}{s} \right) \cdot (Va_{est} - Va) + \tau_d \right]$$

【0057】

駆動トルク推定信号  $\tau_{est}$  はアクチュエータ 7 の駆動トルク  $\tau$  を推定したものであり、これらが等しいとすると、(数 13) は (数 14) に書き換えられる。

【0058】

【数 14】

$$Va_{est} - Va = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n \cdot s} \left[ \tau_d - \left( G_1 + \frac{G_2}{s} \right) \cdot (Va_{est} - Va) \right]$$

【0059】

(数 6) を用いて (数 12) を変形することにより、アクチュエータ 7 に作用する外乱  $\tau_d$  と外乱推定信号  $\tau_{dest}$  との関係を導くことができ、(数 15) を得る。

【0060】

【数 15】

$$\tau_{dest} = \frac{\frac{Lb_n \cdot Kv_n \cdot G_2}{J_n}}{s^2 + \frac{Lb_n \cdot Kv_n \cdot G_1}{J_n} \cdot s + \frac{Lb_n \cdot Kv_n \cdot G_2}{J_n}} \cdot \tau_d$$

【0061】

(数 15) より、外乱推定器 10 は、図 2 の一点鎖線で囲んだブロック 30 内のループによって、駆動信号  $u$  と電圧信号  $Va$  とから、実際の外乱  $\tau_d$  を 2 次遅れ系で推定できることがわかる。

【0062】

ここで、2 次遅れ系の自然角周波数 (推定角周波数) を  $\omega_e$ 、ダンピングファクタを  $\zeta$  とし、外乱推定器 10 の動作を安定化する定数  $G_1$  および  $G_2$  をそれぞれ下記の (数 16) および (数 17) で表すと、

【0063】

【数 16】

$$G_1 = 2\zeta\omega_e \cdot \frac{J_n}{Lb_n \cdot Kv_n}$$

【0064】

【数 17】

$$G_2 = \omega_e^2 \cdot \frac{J_n}{Lb_n \cdot Kv_n}$$

【0065】

(数 15) は (数 18) で表現できる。

【0066】

【数 18】

$$\tau_{dest} = \frac{\omega_e^2}{s^2 + 2\zeta\omega_e \cdot s + \omega_e^2} \cdot \tau_d$$

【0067】

従って、外乱推定器 10 から出力された外乱推定信号  $\tau_{dest}$  により、アクチュエータ 7 の軸受摩擦、アクチュエータ 7 と電子回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力や外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 7 が受ける慣性力等の外乱  $\tau_d$  を正確に推定することができる。

【0068】

次に、一点鎖線で囲んだブロック 50 のゲイン調整器 14 の動作について説明する。ゲイン調整器 14 は、位置制御信号  $c$  と外乱補償信号  $\beta$  を入力として、駆動信号  $u$  を出力する。ブロック 51 で示される乗算器により外乱補償信号  $\beta$  を  $K_\beta$  倍した制御信号と、位置制御信号  $c$  を、加算器 52 により加算することにより、駆動信号  $u$  を生成する。駆動信号  $u$  は (数 19) で表現できる。

【0069】

【数 19】

$$u = c + K_\beta \cdot \beta$$

【0070】

ブロック 51 の伝達関数であるゲイン調整係数  $K_\beta$  の大きさを、磁気ヘッド 2 の現在位置  $x$  と目標位置  $r$  との差 (ヘッド位置誤差)  $e$  の大きさによって変化させるように構成する。図 3 は、位置  $r_1$  において位置決め制御されている状態から、時刻  $t_s$  においてシーク動作を開始して位置  $r_2$  にヘッドを追従させる際の、

ヘッド位置の変化の一例と、そのときのゲイン調整係数 $K\beta$ の値の設定例を示したものである。ゲイン調整係数 $K\beta = \text{const.}$  ( $=1$ ) すなわちブロック51がなく、外乱補償信号 $\beta$ がスルーに加算器52に送られる場合のヘッドの追従曲線の一例を破線で示し、以下に記述するゲイン調整係数 $K\beta$ をヘッド位置誤差に対応させて変化させた場合のヘッドの追従曲線の一例を実線で示している。

## 【0071】

ヘッドが位置 $r_1$ において安定的にフォローイングしている状態では、ゲイン調整係数 $K\beta$ を1に設定する。ゲイン調整係数 $K\beta$ を1に設定することによって、外乱補償信号 $\beta$ を $K\beta$ 倍した制御信号は外乱補償信号 $\beta$ に等しくなる。一方、外乱補償信号 $\beta$ は外乱推定信号 $\tau_{\text{dest}}$ を $1 / (g_{m_n} \cdot K_{t_n})$ 倍したものであり、アクチュエータ7のアーム3に外乱推定信号 $\tau_{\text{dest}}$ に対応した大きさの駆動力を発生させる。従って、アクチュエータ7に作用する軸受摩擦やフレキシブルプリント基板の弾性力あるいは衝撃、振動による慣性力等の外乱 $\tau_d$ を打ち消すように、外乱推定信号 $\tau_{\text{dest}}$ をアクチュエータ7に作用させることができ、外乱によるトラックズレを抑制して、非常に安定かつ高精度な位置決め制御が可能となる。

## 【0072】

次に、位置 $r_1$ から位置 $r_2$ へシーク動作する際には、短時間でヘッドが位置 $r_2$ においてフォローイングするのが好ましいが、そのためにヘッドを高速で移動させた場合には、ヘッド速度が残留して、図3に示すようなオーバーシュート現象が発生してしまうことがある。このような場合、位置制御信号 $c$ においてもこのようなオーバーシュート現象に対応した信号となってしまう、その結果として駆動信号 $u$ が不安定な状態になっている。外乱推定器10は、この駆動信号 $u$ を入力としているため、駆動信号 $u$ が不安定な信号になれば、外乱 $\tau_d$ を正確に推定することができず、外乱推定信号 $\tau_{\text{dest}}$ が正確でなくなるおそれがある。従って、シーク動作を開始してから、目標位置 $r$ にフォローイングするまでの一定期間は、駆動信号 $u$ に対する外乱補償信号 $\beta$ の寄与を小さくするほうがより短時間に目標位置 $r$ に達することができる。

## 【0073】

具体的には、図 3 に示すように、シーク動作が開始された時刻  $t_s$  において、ゲイン調整係数  $K\beta$  の値を 1 よりも小さい  $K\beta_0$  に設定して、位置制御器 16 の寄与が主となるようにしてヘッド位置決め制御を行うようにする。 $K\beta_0$  の具体的な値については、シーク動作時のオーバーシュート量にもよるが、0.5 以下が好ましい。本実施の形態においては 0.2 とした。

## 【0074】

さらに、時刻  $t_s$  においてシーク動作を開始してヘッド位置決め制御を行い、目標位置  $r_2$  に対するヘッド位置の位置誤差信号  $e$  が規定誤差量  $e_s$  に達したとき（このときの時刻を  $t_f$  とする）においては、駆動信号  $u$  が安定な信号になり、外乱推定が正確に行えるようになっていいると考えられるので、ゲイン調整係数  $K\beta$  の値を時間とともに比例的に 1 に近づけて、外乱補償の効果を最大限に引き出すようにする。なお、規定誤差量  $e_s$  に達したとき、ゲイン調整係数  $K\beta$  を 1 に近づける方法は比例的にすることに限らず、例えば、段階的あるいは曲線的であっても良いのは言うまでもない。

## 【0075】

シーク動作時のヘッドの移動量が数トラック以上と大きい場合には、目標位置  $r$  近傍においてヘッドの速度が比較的大きく残留し、図 3 に示すようなオーバーシュート現象が起きて、位置制御信号  $c$  が不安定な信号になるおそれがあるが、ヘッドの移動量が 2 トラック以下の状態まで近づいた場合には、ヘッドの移動速度そのものは小さいため、位置制御信号  $c$  は比較的安定しており、大きなオーバーシュート現象は起こりにくい。従って、上述の規定誤差量  $e_s$  については、2 トラック以下が好ましいと考えられる。なお、本実施の形態においては 1 トラックとした。

## 【0076】

図 3 から明白なように、ゲイン調整係数  $K\beta = \text{const.} = 1$  の場合のヘッド追従曲線に対し、可変とした場合の方がより短時間に目標位置  $r$  に達することができる。

## 【0077】

なお、本実施の形態においては、外乱推定器 10、外乱補償器 11、ゲイン調

整器 1 4 における乗算器、加算器、減算器、積分器はアナログ・フィルタによって構成するもので説明したが、ディジタル・フィルタで構成しても良い。また、本実施の形態では磁気ディスク装置を例に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、光ディスク装置や光磁気ディスク装置等にも応用が可能であることは言うまでもない。

#### 【 0 0 7 8 】

以上のように本実施の形態によれば、フォローイング状態、およびシーク動作からフォローイング動作への移行状態といったさまざまな状況に応じて、外乱補償信号  $\beta$  の駆動信号  $u$  に対する寄与をゲイン調整係数  $K\beta$  を使って調整することにより、シーク動作からフォローイング動作への移行をより短時間で行うことができる。また、ヘッドが現在トラック位置  $x$  において安定的にフォローイングしている状態においては、外乱  $\tau_d$  によるトラックズレを抑制することができ、非常に安定かつ高精度な位置決め制御が可能となり、良好なパフォーマンスを有する信頼性の高い磁気ディスク装置を実現することができる。

#### 【 0 0 7 9 】

##### 【発明の効果】

以上のように本発明は、位置制御信号と、外乱補償信号にゲイン調整係数を乗じた制御信号とを加算した信号を、アクチュエータの駆動信号とするように構成したヘッド位置決め制御方法およびその制御方法を用いたディスク装置である。このような構成とすることによって、フォローイング動作、あるいは、シーク動作からフォローイング動作への過渡時といった状態に応じて、外乱補償信号に乗ずるゲイン調整係数の大きさを変えることにより、現在のトラック位置から目標トラックへ追従する状態、すなわちシーク動作からフォローイング動作への移行を、安定かつ高速に行うことができる。また、現在のトラック位置においてフォローイングしている状態においては、外乱によるトラックズレを抑制することができ、安定かつ高精度な位置決め制御が可能となる。このようなヘッド位置決め制御方法を用いることにより、パフォーマンスが高く、かつ信頼性の高いディスク装置を実現することが可能になるという大きな効果を有する。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態における磁気ディスク装置の主要部の構成を示すブロック

図

【図 2】

本発明の実施の形態における位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

【図 3】

本発明の実施の形態におけるゲイン調整器の動作を説明するための説明図

【符号の説明】

- 1 磁気ディスク
- 2 磁気ヘッド
- 3 アーム
- 4 軸受
- 5 駆動コイル
- 6 固定子
- 7 アクチュエータ
- 10 外乱推定器
- 11 外乱補償器
- 12 駆動器
- 13 電圧検出器
- 14 ゲイン調整器
- 15 位置検出器
- 16 位置制御器
- 20, 29, 31 比較器
- 21 ブロック（位置制御器）
- 22 ブロック（駆動器）
- 23, 24, 26, 27, 32, 33, 34, 36, 37, 42 ブロック
- 25, 41 ブロック（積分器）
- 28, 35, 38, 52 加算器
- 30 ブロック（外乱推定器）



3 9 減算器

4 0, 5 1 ブロック (乗算器)

4 3 ブロック (外乱補償器)

4 4 ブロック (電圧検出器)

5 0 ブロック (ゲイン調整器)

u 駆動信号

$r, r_1, r_2$  位置

x 現在位置 (現在トラック位置)

e 位置誤差信号 (ヘッド位置誤差)

c 位置制御信号

$\alpha$  誤差信号

$\beta$  外乱補償信号

v 移動速度

$v_{est}$  速度推定信号

$\tau$  駆動トルク

$\tau_d$  外乱

$\tau_{est}$  駆動トルク推定信号

$\tau_{dest}$  外乱推定信号

$I_a$  駆動電流

$I_{a_{est}}$  駆動電流推定信号

$E_a$  誘起電圧

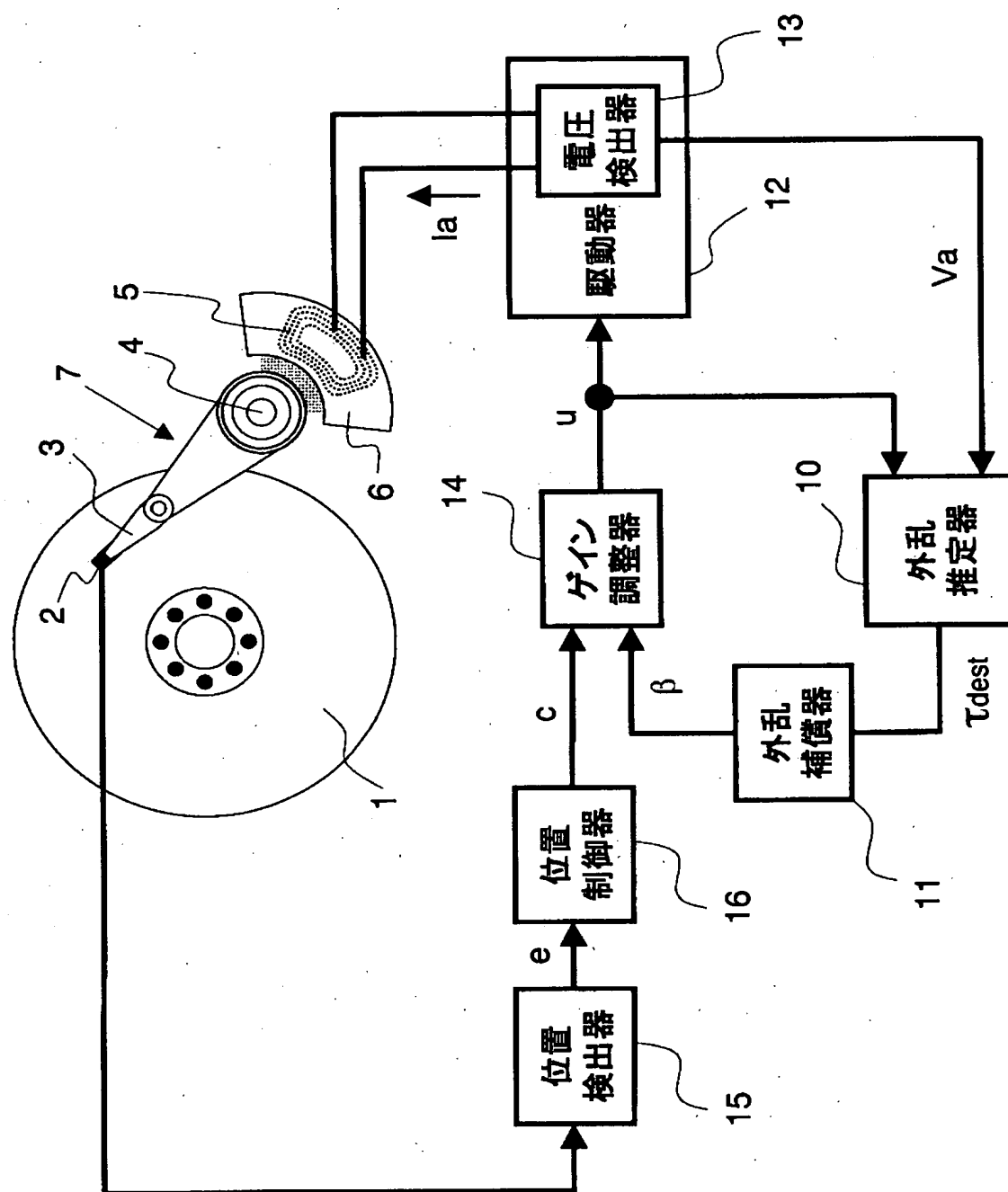
$E_{a_{est}}$  誘起電圧推定信号

$V_a$  電圧信号

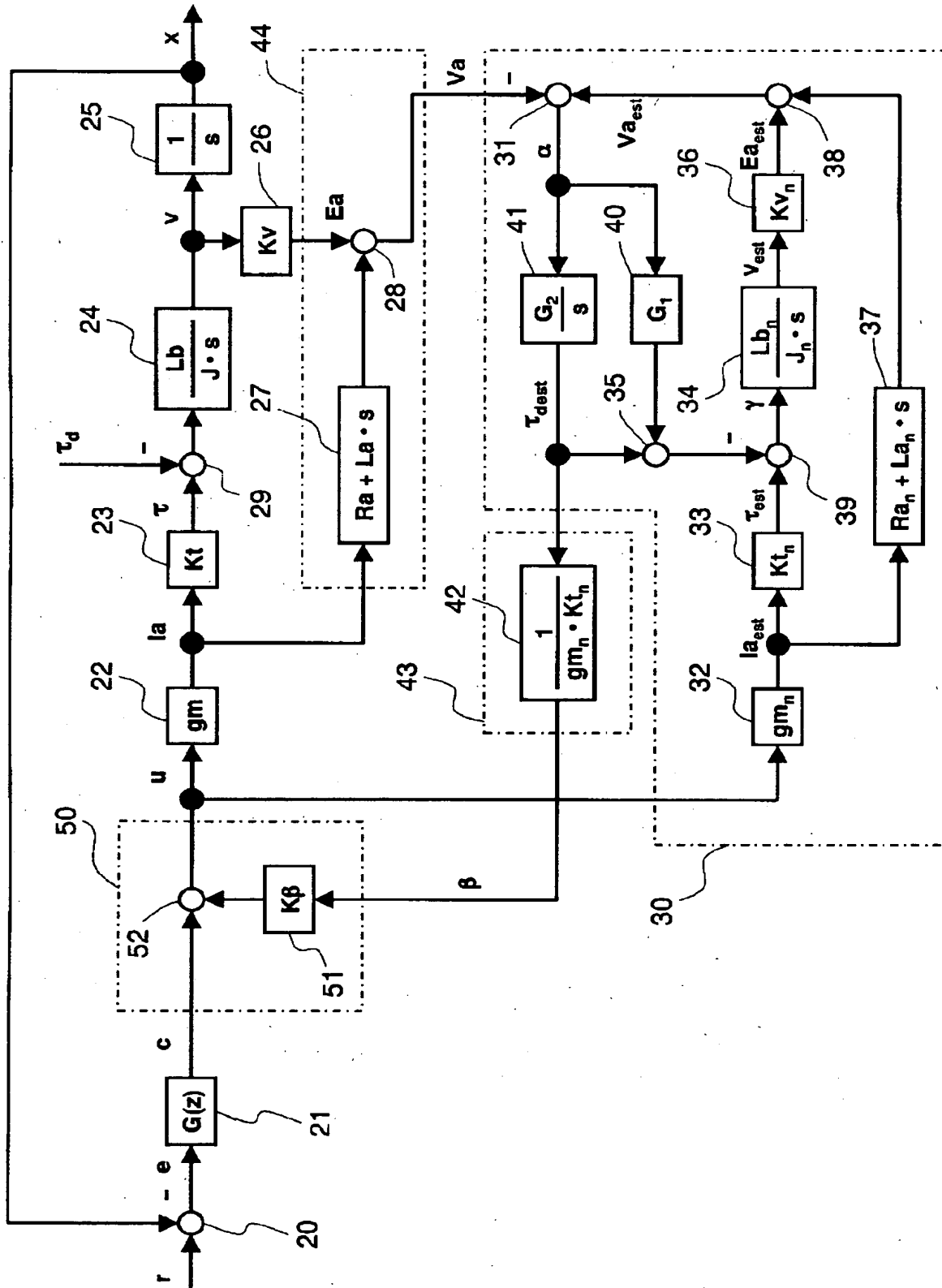
$V_{a_{est}}$  電圧推定信号

【書類名】 図面

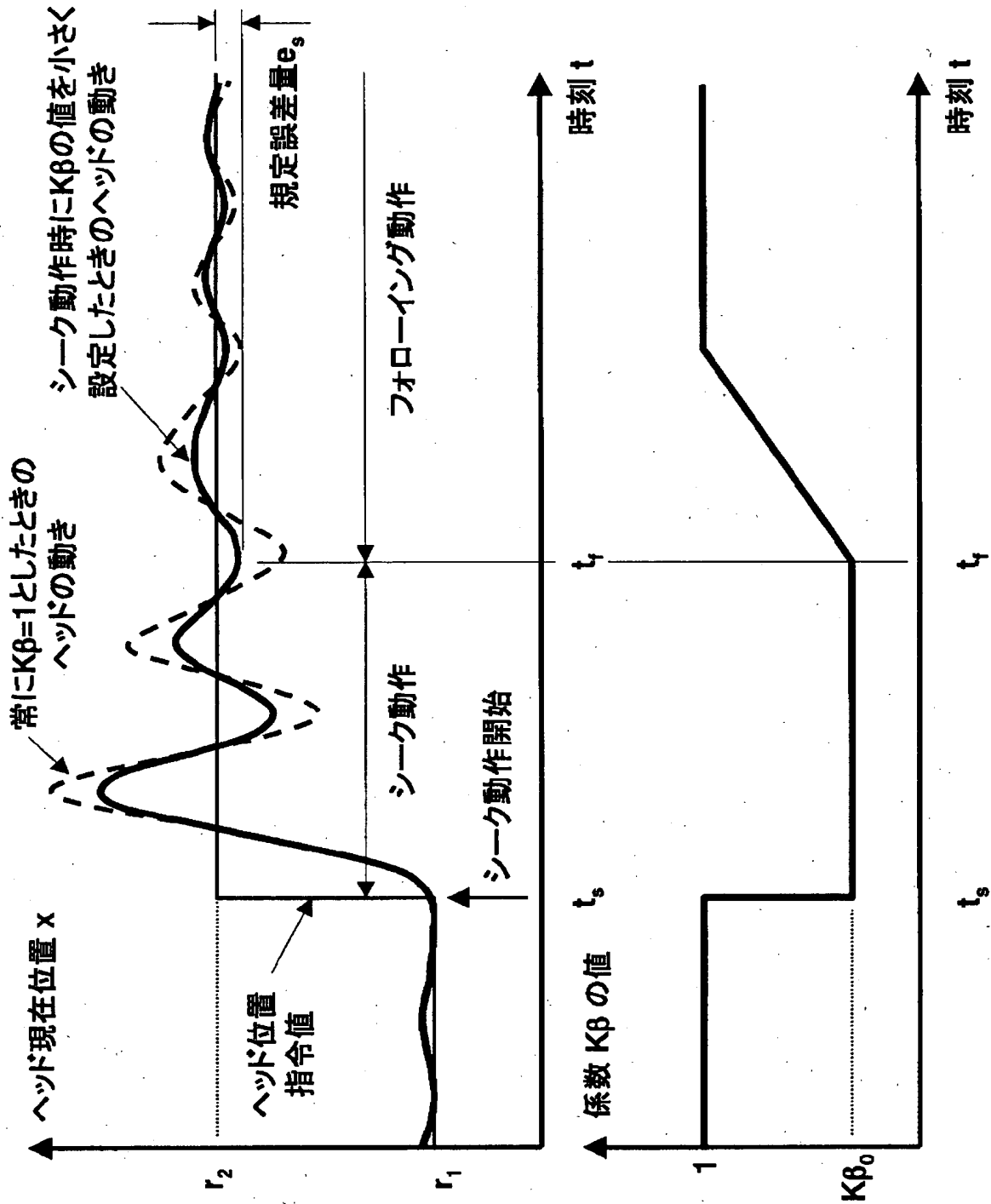
【図1】



【図 2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 アクチュエータに作用する外乱を補償するヘッド位置決め制御において、ヘッドを短時間で目標位置に追従することのできるヘッド位置決め制御方法および信頼性の高いディスク装置を提供する。

【解決手段】 駆動信号  $u$  とアクチュエータ 7 の駆動に伴って発生する電圧信号  $V_a$  とから、アクチュエータ 7 に作用する外乱の大きさを推定することにより生成した外乱補償信号  $\beta$  にゲイン調整係数  $K_\beta$  を乗算した制御信号を生成し、その制御信号と、磁気ディスク 1 にあらかじめ記録されているサーボ情報を磁気ヘッド 2 により検出した磁気ヘッド 2 の位置と目標位置に関するヘッド位置誤差信号  $e$  から生成した位置制御信号  $c$  とを加算するゲイン調整器 14 を設け、ゲイン調整器 14 から出力される駆動信号  $u$  によって磁気ディスク 1 に対する磁気ヘッド 2 の位置決めを行うアクチュエータ 7 を駆動させる構成とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名 松下電器産業株式会社